



6CFE01-279

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz



Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Aplicación de Indicadores de Alteración Hidrológica para la designación de las masas de agua muy modificadas

FERNÁNDEZ YUSTE, J.A.¹, MARTÍNEZ SANTA-MARÍA, C.¹ y MAGDALENO MÁS, F.²

¹ Grupo de investigación “Ecología y gestión forestal sostenible”. EUIT Forestal. Universidad Politécnica de Madrid., Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid.

² Consejería técnica de estudios ambientales. Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX. Alfonso XII, 3. 28014 Madrid.

Resumen

La Directiva Marco del Agua establece que debe alcanzarse el buen estado ecológico en 2015. Sin embargo contempla excepciones, tanto en los objetivos –buen potencial ecológico en lugar de buen estado ecológico–, como en los plazos –horizonte posterior al 2015–. Esas excepciones sólo podrán aplicarse a aquellas masas de agua que sea designadas como “muy modificadas”.

En este trabajo se presenta un método, P-IAHRIS, integrado en la aplicación informática IAHRIS v2.2, que ofrece criterios objetivos para el proceso de la designación preliminar de masa de agua muy modificada. El método trabaja con dos indicadores:

1) Percentil 10–90 (indicador P10%-90%), para analizar la alteración del régimen hidrológico respecto al rango de variabilidad natural definido por los valores correspondientes a los percentiles 10 y 90 de las aportaciones mensuales y anuales.

2) Índices de alteración hidrológica para masas de agua muy modificadas (indicador IHA-HMWB), para valorar los cambios del régimen de caudales en magnitud, estacionalidad, variabilidad y duración.

P-IAHRIS se ha aplicado a 103 masas de agua en España. El método ha demostrado su funcionalidad y versatilidad, permitiendo, de una manera rápida y objetiva, la designación preliminar de masas de agua muy modificadas tanto del ámbito mediterráneo como atlántico.

Palabras clave

Directiva Marco del Agua, gestión de recursos hídricos, Instrucción de Planificación Hidrológica, integridad de ecosistemas acuáticos

1. Introducción

La Directiva Marco del Agua (DMA) (European Commission, 2000) ha supuesto cambios revolucionarios (Moss, 2001) en los criterios de gestión de los recursos hídricos: (i)supera una legislación previa, muy fragmentada, que estaba formulada en torno a los distintos sectores vinculados con el agua (Acreman and Ferguson, 2010), (ii)deja atrás criterios de gestión fundamentalmente cuantitativos, y de calidad básicamente físico-químicos (Moss, 2008), (iii)impone contemplar las masas de agua desde su condición de ecosistema, fijando como objetivo alcanzar su buen estado ecológico, (iv)asume la recuperación íntegra de costes (Arrojo and Bernal, 2001), (v)propugna una adecuada información y participación

pública (Barraqué, 2003) y (vi) establece un calendario y protocolo de desarrollo e implementación tutelado y armonizado (La-Roca et al., 2010).

La DMA permite a los estados miembros identificar y designar algunas masas de agua en las que no se plantea alcanzar su buen estado ecológico (GES). Son las denominadas masas de agua artificiales y masas de agua muy modificadas (HMWB). Las HMWB son aquellas que, como consecuencia de alteraciones físicas producidas por la actividad del hombre, han experimentado un cambio sustancial en su naturaleza. En ese contexto se entiende por alteración física aquellos cambios en las características hidrológicas y morfológicas de la masa de agua resultado de la actividad humana, y por cambio sustancial aquel que es extenso, intenso, o muy evidente, en el sentido de mostrar una profunda desviación de las características hidromorfológicas que presentaría la masa antes de la alteración. Para su designación es necesario acreditar que: (i) los cambios necesarios para alcanzar el GES generan importantes repercusiones negativas ambientales, o en los usos (navegación, abastecimiento, riego, energía, protección, drenaje...) y (ii) los beneficios derivados de su condición de masa muy modificada no puedan alcanzarse, bien por limitaciones técnicas, bien por costes desproporcionados, ni por otros medios que constituyan una opción medioambiental significativamente mejor (CIS, 2003; Irmer and Rechenberg, 2004).

Para estas masas, la DMA permite sustituir el objetivo de GES por el de buen potencial ecológico (GEP) (Stoddard et al., 2006), concepto vinculado al de máximo potencial ecológico (MEP). Puede admitirse que una masa de agua muestra un GEP cuando presenta ligeros cambios en indicadores relevantes de su calidad biológica e hidromorfológica comparados con los valores correspondientes al MEP. El método para establecer el GEP ha ido evolucionando, siendo el propuesto en Kampa (2009) el que más se ha utilizado (60% de los Estados miembros).

The CIS guideline (CIS, 2003) ofrece criterios para la identificación y designación de HMWB. Señala que, dada la diversidad de características y condicionantes de los Estados miembros, la metodología ofrecida a nivel general debe ser adaptada a las circunstancias regionales y nacionales. En este sentido, la aplicación al ámbito mediterráneo de guías desarrolladas en otros países (p.e. Reino Unido) es limitada, porque no contempla la regulación para regadío (uso muy intenso en la zona mediterránea y anecdótico en otros ámbitos). En la actualidad no se cuenta con ningún protocolo que trate de manera específica la sistematización de los criterios para la designación preliminar de la condición de HMWB aguas abajo de este tipo de embalses. En el último workshop sobre HMWB (<http://www.ecologic-events.de/hmwb/index.htm>), no hubo ninguna ponencia presentada por países mediterráneos, probablemente porque los trabajos en el proceso de designación de este tipo de masas están menos desarrollados que en el centro y norte de Europa.

2. Objetivos

Con este trabajo se pretende ofrecer un método objetivo y sistemático para la designación preliminar de HMWB aguas abajo de embalses de almacenamiento y/o derivación para regadío y laminación. Para alcanzar ese objetivo ha sido necesario:

- (i) Seleccionar índices de alteración hidrológica (*indicators of hydrologic alteration*) (IHA) que permitan valorar el grado de alteración de los aspectos ambientalmente más relevantes del régimen de caudales.
- (ii) Con los índices seleccionados, desarrollar un protocolo que permita obtener de manera rápida y eficaz un criterio para la designación preliminar de HMWB.

- (iii) Desarrollar una extensión, dentro de la aplicación informática gratuita *IAHRIS 2.2* (Martínez and Fernández, 2010a), que permita su uso generalizado.
- (iv) Proporcionar apoyo conceptual que facilite la interpretación de los criterios y resultados a gestores, políticos y ciudadanos.
- (iv) Valorar su eficacia, aplicándolo a 103 masas de agua de España en las que los gestores de los recursos hídricos tenían dudas respecto a su designación como HMWB.

3. Metodología

La legislación española (MMARM, 2008), al trasponer la DMA, señala que la identificación provisional como HMWB aguas abajo de embalses se hará analizando índices de alteración hidrológica que evalúen características fundamentales de los regímenes hidrológicos, como magnitud, duración, frecuencia, estacionalidad y tasa de cambio. También indica que se considerará que la desviación es significativa cuando la magnitud del parámetro del régimen hidrológico anual o mensual se desvía significativamente de los valores del percentil del 10% al 90% de la serie en régimen natural.

El método P-IAHRIS para la asignación provisional de la condición de HMWB resulta de la conjunción de dos indicadores:

- El primero de ellos, denominado IHA-HMWB, utiliza los resultados de los Índices de Alteración Hidrológica (IHA) facilitados por *IAHRIS 2.2*. Para los índices considerados, el criterio fija unos umbrales a partir de los cuales la masa se considera HMWB.
- El segundo, denominado P10%-90%, trabaja exclusivamente con aportaciones mensuales y anuales, estableciendo, a partir de los valores en régimen natural, el rango normal de variación de estos parámetros. Sobre ese rango, el método establece unos porcentajes a cumplir por el régimen alterado, fuera de los cuales la masa se cataloga como HMWB.

3.1. Indicador IHA-HMWB

Selección de índices: se ha partido de los IHA que ofrece el software *IAHRIS* (Martínez and Fernández, 2010b). El número y la tipología de los índices ofrecidos varía según la naturaleza de los datos facilitados por el usuario, distinguiendo cuatro situaciones posibles según esos datos sean diarios o mensuales, y los registros en régimen natural y alterado sean coetáneos o no. En cualquiera de estos casos se requiere un mínimo de 15 años de registros. *IAHRIS* ofrece un total de 21 índices acotados entre 0 (máxima alteración) y 1 (ausencia de alteración). El complemento a uno de este valor puede interpretarse como la variación –en tanto por uno- experimentada por el aspecto evaluado respecto a su estado de referencia –régimen natural-.

Del conjunto de índices que ofrece *IAHRIS* se seleccionaron 12 (Tabla 1) buscando que cubrieran el espectro completo del régimen de caudales en lo referente a escala hidrológica (valores habituales, avenidas y sequías), aspecto (magnitud, duración, variabilidad, estacionalidad) y periodicidad (anual y mensual).

En Martínez and Fernández (2010c) pueden consultarse con más detalle los criterios de selección utilizados, así como los índices para el caso de disponer únicamente de registros de aportaciones mensuales.

Indicador: para generar un indicador a partir de estos 12 IHA se optó por considerarlos individualmente (evitando de este modo compensaciones entre índices o la necesidad de establecer de coeficientes de ponderación para cada índice). Aceptando que alteraciones significativas están vinculadas con valores de los índices que indican cambios respecto al régimen natural superiores al 50% -valor del $IHA \leq 0,5$ -, y que el indicador debe tener en cuenta, como ya se ha mencionado, con el mismo peso y de manera individualizada cada uno de los índices, se considera como indicador IHA-HMWB:

$$IHA - HMWB = \text{Número de IHA} \leq 0,5$$

Tabla 1. Características de los índices de alteración hidrológica de IAHRIS seleccionados para el indicador IHA-HMWB. H=Valores habituales (no extremos); A=Avenidas; S=Sequías; M=Magnitud; E=Estacionalidad; D=Duración; V=Variabilidad; A=Anual; M=Mensual

Código IAHRIS	Índice	Escala			Componente				Periodicidad		Adecuado para detectar alteraciones causadas por embalses de	
		H	A	S	M	E	D	V	A	M	Riego o abastecimiento	Laminación
IHA1	Magnitud de las aportaciones anuales	X			X				X		X	
IHA2	Magnitud de las aportaciones mensuales	X			X					X	X	
IHA3	Variabilidad habitual	X						X	X		X	X
IHA5	Estacionalidad de máximos	X				X				X		X
IHA6	Estacionalidad de mínimos	X				X				X	X	
IHA8	Magnitud del caudal de bankfull		X		X				X			X
IHA10	Magnitud de avenidas habituales		X		X				X			X
IHA13	Duración de avenidas		X				X		X			X
IHA14	Estacionalidad de avenidas		X			X				X		X
IHA16	Magnitud de sequías habituales			X	X				X		X	
IHA19	Duración de sequías			X			X		X		X	
IHA21	Estacionalidad de sequías			X		X				X	X	

Umbral: una masa de agua se puede catalogar provisionalmente como HMWB cuando $IHA-HMWB \geq 7$, esto es, cuando más del 50% de los IHA (al menos 7 sobre los 12 seleccionados) presentan una alteración mayor o igual al 50% (valor del índice $\leq 0,5$; recuérdese que $IHA=0$ refleja máxima alteración e $IHA=1$ ausencia de alteración).

3.2. Indicador P10%-90%

Selección de índices: a partir de las aportaciones anuales y mensuales de una serie larga (>15 años) se calculan para los doce meses y también a nivel anual los percentiles correspondientes al 10% y 90%. El rango -P10%↔P90%- se considera el habitual de variabilidad. Con los datos del régimen alterado se contabiliza, para cada mes, el número de registros que quedan dentro del rango P10%-P90%, y lo mismo se hace con las aportaciones anuales. Se obtienen así trece índices: uno para cada mes, más otro anual. Cada índice expresa el % de veces que los valores del régimen alterado, anual o mensual, queda dentro del rango

P10%-P90% natural. El índice anual permite valorar el grado de afección cuando se produce una detracción significativa de caudales aguas arriba de la masa, mientras que los índices mensuales permiten identificar alteraciones en la estacionalidad.

Indicador: se consideraron dos indicadores, uno a escala anual y otro para valorar las alteraciones a escala mensual.

Para el indicador a escala anual (I_{P10-90_AN}) se considera el valor del índice anual: $I_{P10-90_AN} = \%$ de aportaciones anuales del régimen alterado que entran en el rango P10%-P90% natural. Para el indicador a escala mensual se consideró como indicador (I_{P10-90_MEN}) el % del total de las aportaciones mensuales del régimen alterado que entran en el rango P10%-P90% mensual natural:

$$I_{P10-90MEN} = \frac{\sum_{i=1}^{12} X_{mesi}}{\text{Número total de meses}} * 100$$

siendo X, para cada mes, el número de veces que la aportación mensual del régimen alterado entra en el rango P10-90 natural de ese mes.

Umbral: una masa de agua se puede catalogar provisionalmente como HMWB, cuando $I_{P10-90_AN} \leq 50\%$ ó $I_{P10-90_MEN} \leq 50\%$.

3.3. Designación de HMWB: criterio P-IAHRIS

El uso conjunto de los dos indicadores anteriores IHA-HMWB y P10%-90% conforma una nueva herramienta de decisión que en adelante denominaremos criterio P-IAHRIS. A continuación se presenta el árbol de toma de decisiones:

(A) **No hay discrepancia** entre los indicadores IHA-HMWB y P10%-90%: la masa de agua se designa con el resultado común obtenido.

(B) Hay **discrepancia** entre los dos indicadores: se pueden presentar dos situaciones que el criterio P-IAHRIS resuelve del modo siguiente:

(B1) Uno de los indicadores toma un valor muy próximo al umbral: se designa la masa de agua con el resultado correspondiente al indicador que no está en el entorno del umbral de decisión.

(B2) Ningún indicador toma valor muy próximo a su respectivo umbral. La explicación a esta situación suele hallarse en la singularidad hidrológica de la masa, que propicia que uno de los dos indicadores no sea sensible (o lo sea en exceso) a la alteración existente. De modo muy sintético, las situaciones que pueden presentarse son las siguientes:

(B2a) El indicador P10%-90% cataloga a la masa como “no muy modificada” e IHA-HMWB como “muy modificada”. Se acepta el resultado de IHA-HMWB. Esta situación se produce en masas donde el régimen natural presenta valores de las aportaciones correspondientes al P90% muy bajos o cero. En esos casos el indicador P10%-90% no tiene sensibilidad para detectar las alteraciones que impliquen reducciones generalizadas de los caudales circulantes: para esas circunstancias es fácil que las aportaciones del régimen alterado queden por encima del P90% natural y, en consecuencia, P10%-90% asigne la condición de no muy modificada (figura 1).

(B2b) El método P10%-90% cataloga a la masa como “muy modificada”, mientras que el método IHA-HMWB lo hace como “no muy modificada”. Se consideran dos situaciones:

(B2b1) Cuando la masa de agua presenta un régimen alterado en el que:

(i) no trastoca sensiblemente las avenidas del régimen natural, (ii) la

regulación es anual, (iii) sin derivación, y se manifiesta una (iv) intensa alteración de la estacionalidad. En estos casos, IHA-HMWB sólo detecta la alteración de la estacionalidad y como el resto de indicadores no cambia sensiblemente, asigna la condición de no muy modificada; sin embargo, esa condición no parece adecuada para la intensa alteración estacional que sufre el tramo. Se asume el resultado de P10%-90% y se propone catalogar a la masa como “muy modificada”. (B2b2) Cuando la curva de caudales clasificados del régimen natural presenta un rango muy pequeño entre los percentiles 10% y 90%, el indicador P10%-90% se hace muy sensible. En ese caso, si en la masa de agua se produce una derivación que sólo afecta de manera moderada a los volúmenes anuales circulantes, y no altera ni avenidas, ni sequías, ni estacionalidad, el indicador P10%-90% se activa, pero la condición de masa muy alterada que ofrece no será adecuada. Se acepta el criterio de “no muy modificada” del indicador IHA-MMA (figura 2).

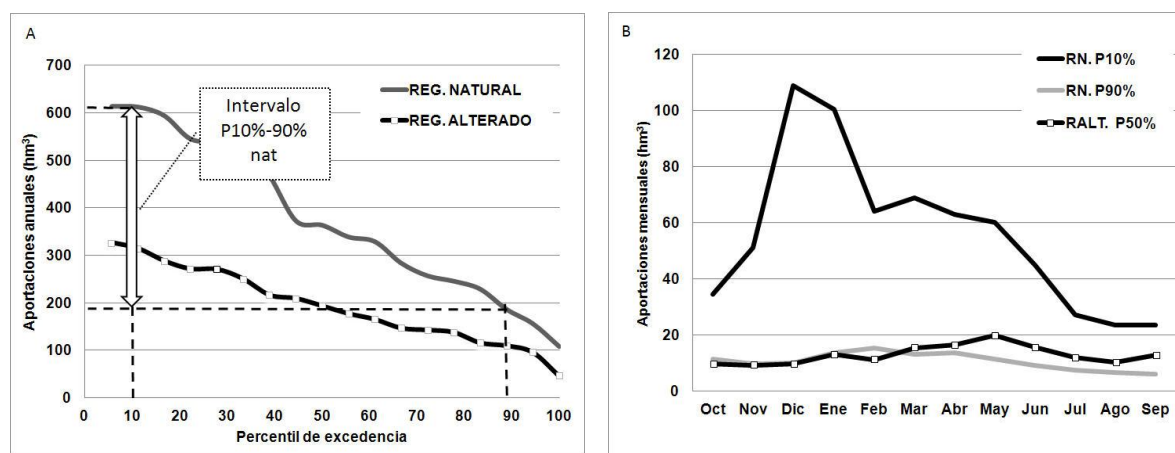


Figura 1. Aplicación del criterio B2a al río Segura. A) El intervalo P10%-90% es muy amplio, por tanto el indicador P10%-90% presenta una sensibilidad muy limitada y no detecta la alteración en el régimen de caudales. Por el contrario el indicador IHA-HMWB clasifica adecuadamente la masa de agua como muy alterada. B) Este río drena una cuenca semiárida caracterizada por años muy secos y una gran variabilidad inter e intranual.

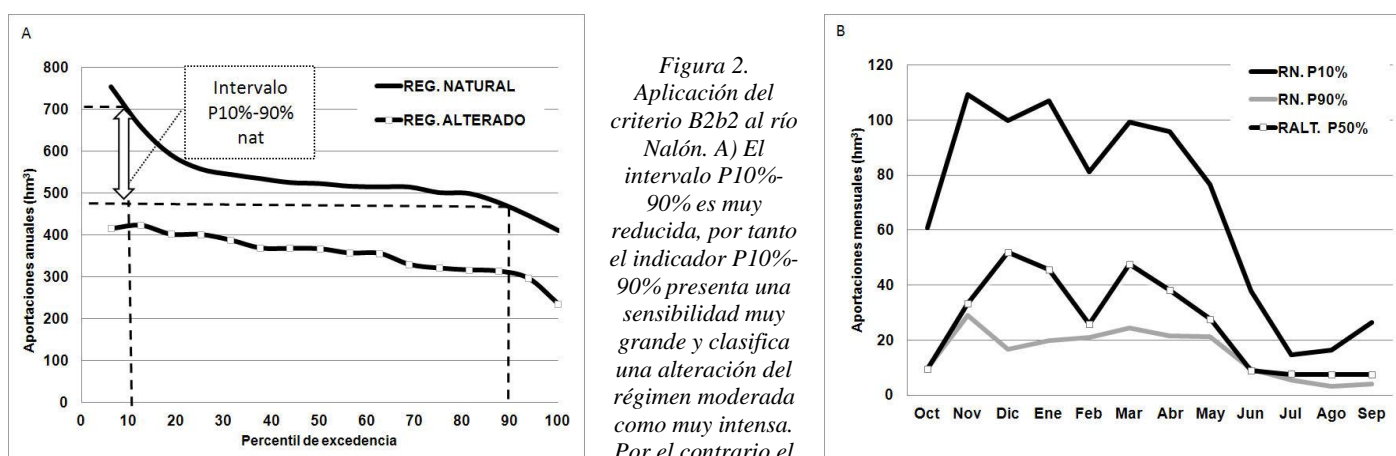


Figura 2. Aplicación del criterio B2b2 al río Nalón. A) El intervalo P10%-90% es muy reducida, por tanto el indicador P10%-90% presenta una sensibilidad muy grande y clasifica una alteración del régimen moderada como muy intensa. Por el contrario el

indicador IHA-HMWB clasifica adecuadamente la masa de agua como no muy alterada. B) Este río drena una cuenca húmeda caracterizada por baja variabilidad inter e intranual.

En la figura 3 se presenta el diagrama de flujo a seguir para la designación de HMWB con el criterio P-IAHRIS.

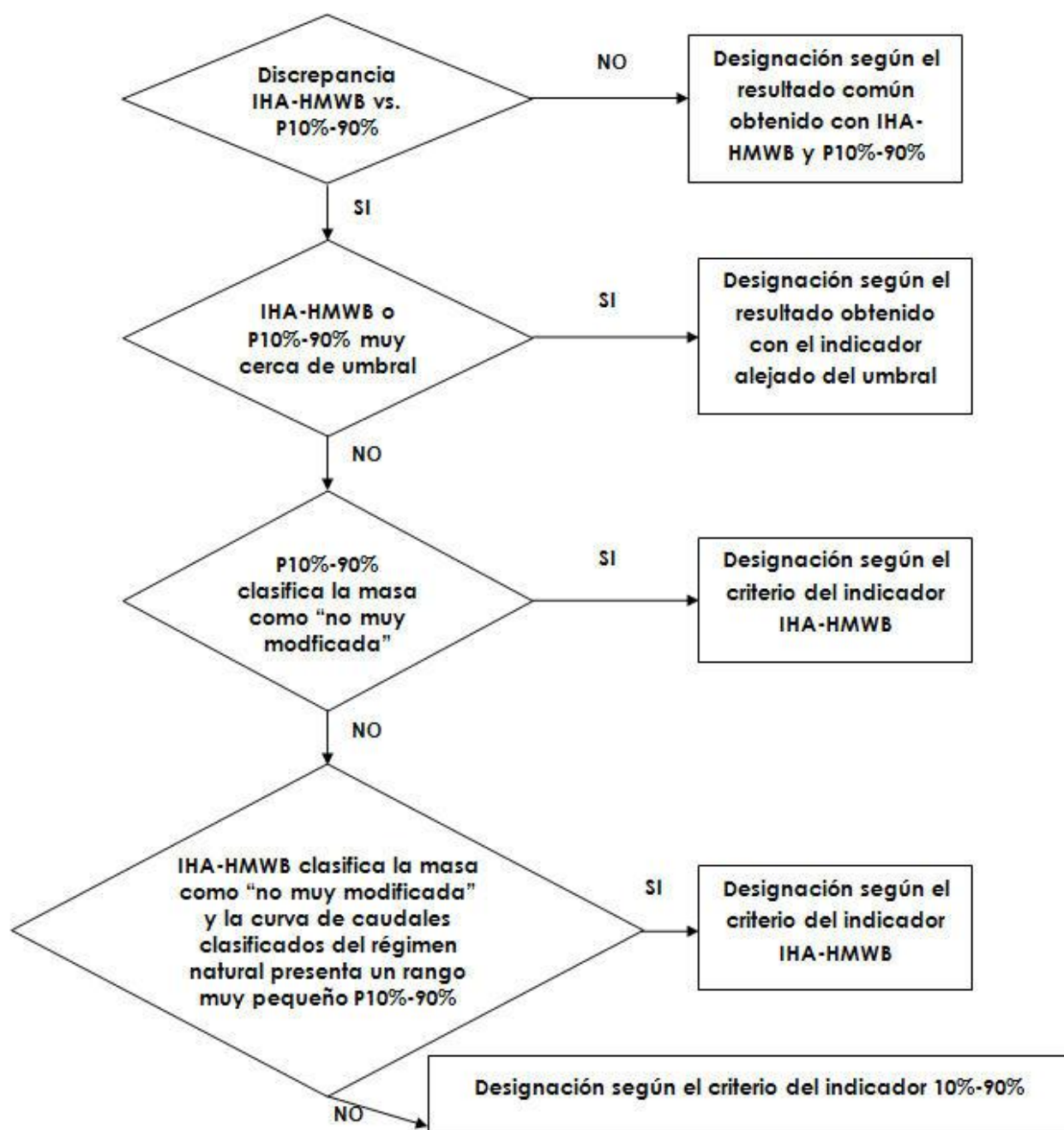


Figura 3. Diagrama de flujo para la designación de masas de agua muy modificadas con el criterio P-IAHRIS.

4. Resultados

El Centro de Estudios Hidrográficos ha facilitado para este trabajo los datos de caudales de 134 masas (figura 4). En todos los casos se trata de masas de agua situadas aguas abajo de un embalse o de un sistema de embalses. La mayor parte tienen como uso principal la regulación para regadío, aunque es frecuente que también laminen avenidas, y de manera más puntual que sólo presten servicio para abastecimiento o producción de energía. Se trata de masas de agua en las que los gestores tenían dudas a la hora de asignar provisionalmente la condición de HMWB.

A la información recibida se le han aplicado diversos filtros para garantizar su validez antes de procesarla. En ningún caso la información utilizada -datos y/o descripciones de las características de las masas y sus aprovechamientos- ha sido alterada. La aplicación de esos filtros ha obligado a prescindir de 31 masas. En dos casos porque se trataba de masas situadas aguas abajo de embalses utilizados exclusivamente para la producción hidroeléctrica (P-IAHRIS no analiza alteraciones que se produzcan en intervalos de tiempo inferiores a 24 horas, y los pulsos de las centrales hidroeléctricas suelen tener duraciones inferiores a este umbral). El resto, presentaban datos erróneos o la estación de aforos disponible no reflejaba adecuadamente las alteraciones a las que el sistema de explotación sometía a la masa de agua.

De las 103 masas de agua finalmente utilizadas, 79 disponían de registros de caudales diarios, y las 24 restantes de datos de aportaciones mensuales. El régimen alterado se obtuvo de los registros de estaciones de aforo situadas en las masas de agua. Para estimar las aportaciones mensuales en régimen natural se utilizó el modelo distribuido SIMPA (Álvarez et al., 2005), aplicando luego el patrón de reparto diario obtenido de estaciones de aforo en régimen natural situadas en tramos hidrológicamente homologables.

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos al aplicar el criterio P-IAHRIS. De las 103 masas, en 23 había discrepancia entre el resultado ofrecido por P-IAHRIS y el criterio de los gestores. En 17 de esas 23 masas el criterio P-IAHRIS asignaba la condición de “no muy modificada” frente a la “muy modificada” esperada por los gestores. Se recabaron más datos para analizar con detalle cada uno de esos 23 casos, y en la revisión detallada se identificaron 3 casos en los que los datos presentaban errores o no reflejaban adecuadamente la alteración que soportaba la masa. En los 20 restantes se aceptó el resultado ofrecido por P-IAHRIS, aunque en 7 de ellos este resultado se condicionó a la verificación por parte del gestor de algunos aspectos de la información facilitada.



Figura 4. Demarcaciones hidrográficas y masas de agua analizadas. Leyenda: Campo alfabético: Demarcación; Campo numérico: número de masas de agua analizadas.

M: Parte española de la demarcación Miño-Sil; **C:** Parte española de la demarcación del Cantábrico; **D:** Parte española de la demarcación del Duero; **E:** Demarcación del Ebro; **T:** Parte española de la demarcación del Tago; **J:** Demarcación del Júcar. **GN:** Parte española de la demarcación del Guadiana; **GV:** Demarcación del Guadalquivir. **S:** Demarcación del Segura.

Tabla 2. Criterios aplicados y HMWB designadas con P-IAHRIS.

(A) No hay discrepancia entre los métodos IHA-HMWB y P10%-90%: la masa de agua se designa con el resultado común obtenido.

(B1) Uno de los indicadores presenta resultados en el entorno del valor umbral: se designa la masa de agua con el resultado correspondiente al indicador que no está en el entorno del umbral de decisión.

(B2a) El indicador P10%-90% cataloga a la masa como “no muy modificada” e IHA-HMWB como “muy modificada”. Se acepta el resultado de IHA-HMWB.

(B2b) El método P10%-90% cataloga a la masa como “muy modificada”, mientras que el método IHA-HMWB lo hace como “no muy modificada”:

(B2b1) Se asume el resultado de P10%-90% y se propone catalogar a la masa como “muy modificada”.

(B2b2) Se acepta el criterio de “no muy modificada” del indicador IHA-HMWB.

Cuenca	nº de masas analizadas	nº de masas a las que se ha aplicado el criterio					Nº de HMWB según	
		A	B1	B2a	B2b1	B2b2	P-IAHRIS	Gestores
Cantábrico	4	3	0	0	0	1	1	4
Duero	7	4	1	0	2	0	3	3
Ebro	28	25	3	0	0	0	12	23
Guadalquivir	24	16	2	4	2	0	21	19
Guadiana	4	3	0	1	0	0	3	3
Júcar	19	18	0	0	1	0	14	14
Miño-Sil	4	4	0	0	0	0	2	2
Segura	6	3	1	2	0	0	6	6
Tago	7	5	1	1	0	0	7	6
TOTAL	103	81	8	8	5	1	69	80

5. Discusión

Una de las limitaciones puestas de manifiesto en el HMWB Workshop (CIS, 2009) hace referencia a la poca claridad con la que se han tratado algunos usos a la hora de considerar la designación de HMWB. Entre ellos se cita el uso “agricultura”. Entre los utilizados apropiadamente y que estén vinculados con embalses, sólo se hace referencia al almacenamiento de agua para abastecimiento, generación de energía hidroeléctrica y laminación de avenidas. Es evidente que se hace necesario disponer de una herramienta que permita evaluar de manera rápida, objetiva y eficiente la alteración del régimen hidrológico que se produce aguas abajo de los embalses que almacenan agua para regadío. P-IAHRIS puede ser una herramienta informática que cubra adecuadamente esta necesidad, especialmente importante en los países mediterráneos.

Es muy recomendable que las métricas utilizadas para caracterizar HMWBs estén basadas en las mismas que permiten analizar otras masas de agua (Hering et al., 2010). Para establecer un criterio que valore la magnitud de la alteración hidrológica considerando su significación ambiental, P-IAHRIS utiliza indicadores y métricas que permiten hacer esa valoración comparando el estado actual con el que corresponde al régimen natural.

Con las 103 masas de agua estudiadas en España, P-IAHRIS ha mostrado que:

(i) Los dos indicadores (P10%-90% e IHA-HMWB) detectan adecuadamente cambios sustanciales del régimen hidrológico, ya que en el 86% de las masas (criterios A y B1) ofrecen clasificaciones análogas. Ese alto porcentaje podría hacer pensar que los dos indicadores son redundantes, y que bastaría calcular uno de ellos, el que necesitase menos información o la más fácil de conseguir. Sin embargo cuando presentan discrepancias muestran su distinta sensibilidad para detectar alteraciones a patrones hidrológicos singulares. Es el caso de los que aparecen en el sur de España cuando el régimen natural presenta valores de caudales muy bajos o nulos, o en el norte, cuando el régimen hidrológico presenta una variabilidad natural muy limitada.

(ii) Se pueden aplicar con éxito en masas de agua que ocupan un amplio espectro de tipos hidroclimáticos, desde el semiárido del sureste hasta el centro-europeo del norte, pasando por el mediterráneo del centro y este.

(iii) Los resultados ofrecidos han sido mayoritariamente aceptados por los gestores (94%), y en las 7 masas en las que ese resultado se aceptó con reservas, no obstante reconocían que los datos no reflejaban adecuadamente la realidad que ellos apreciaban en esas masas, y que era necesario revisar esa información.

(iv) La principal limitación de P-IAHRIS es disponer de estimaciones adecuadas del régimen natural. La utilización de modelos distribuidos que permitan generar las series naturales de aportaciones mensuales puede ser una buena y eficiente alternativa.

6. Conclusiones

Con este trabajo se pretende ofrecer un método objetivo y sistemático para la designación preliminar de HMWB aguas abajo de embalses de almacenamiento y/o derivación para regadío y laminación

Se han desarrollado criterios para la asignación provisional de la condición de HMWB a masas situadas aguas abajo de embalses destinados principalmente, aunque no exclusivamente, para almacenar agua para regadío.

Para esa asignación se ha evaluado la alteración del régimen de caudales, considerando los aspectos citados en la trasposición a la legislación española de la DMA (MMARM, 2008).

P-IAHRIS permite trabajar con datos de caudales diarios o aportaciones mensuales, y requiere un mínimo de 15 años completos para ofrecer resultados. Requiere datos en régimen natural y alterado, para poder comparar valores de parámetros del régimen de caudales en los dos estados, y generar índices de alteración hidrológica. P-IAHRIS no tiene capacidad para reflejar alteraciones del régimen que se produzcan en intervalos temporales inferior al diario (p.e. centrales hidroeléctricas).

La propuesta P-IAHRIS de asignación de condición de masa muy alterada trabaja con dos indicadores:

- Percentil 10 – 90 (P10%-90%), para analizar la alteración en el rango de variabilidad natural definido por los valores correspondientes a los percentiles 10 y 90 de las aportaciones mensuales y anuales
- Índices de alteración hidrológica para masas de agua muy modificadas (IHA-HMWB), para valorar los cambios en magnitud, estacionalidad, frecuencia, variabilidad y duración.

Aunque habitualmente los dos indicadores ofrecen la misma respuesta, es necesario considerar ambos porque hay situaciones, propias de condiciones hidroclimáticas singulares, para las que sólo uno de los indicadores es sensible.

Su aplicación ha permitido estudiar con criterios objetivos y homogéneos 103 masas en España, cubriendo características hidroclimáticas muy variadas. Los resultados ofrecidos por P-IAHRIS han sido mayoritariamente aceptados por los gestores (94%), y en las 7 masas en las que ese resultado se aceptó con reservas, reconociendo que los datos no reflejaban adecuadamente la realidad que ellos apreciaban en esas masas.

Los resultados que se obtengan con P-IAHRIS están condicionados por la validez de los datos utilizados. Es pues imprescindible acreditar que los datos empleados con P-IAHRIS: (i) se corresponden con los regímenes natural y alterado de la masa de agua, (ii) representan las alteraciones del tramo analizado, y (iii) cubren un intervalo de tiempo suficiente, en el que la masa ha estado sometida a las alteraciones que se tratan de valorar. Si los datos no cumplen estos tres requisitos, no debe aplicarse el método.

Para finalizar comentar que se ha incluido un módulo en la aplicación informática gratuita *IAHRIS 2.2* (Martínez and Fernández, 2010a), que permite el uso generalizado de este método.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el CEDEX y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. El CEDEX también facilitó los datos hidrológicos utilizados en el análisis.

8. Bibliografía

- ACREMAN, M., FERGUSON, A., 2010. Environmental flows and the European Water Framework Directive. *Freshwater Biology*, 55(1), pp. 32-48.
- ÁLVAREZ, J., SÁNCHEZ, A., QUINTAS, L., 2005. SIMPA, a GRASS based tool for Hydrological Studies. *International Journal of Geoinformatics*, 1(1), pp.1-13.
- ARROJO, P., BERNAL E., 2001. La racionalidad económica en la nueva cultura del agua. Publicaciones de la Universidad de Zaragoza. 169 pp.

BARRAQUÉ, B., 2003. Las políticas del agua en Europa a partir de la directiva marco del agua. *Ingeniería del agua*, 10(3), pp. 281-292.

CIS. Common Implementation Strategy EU., 2003. Guidance document nº4. Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.

CIS. Common Implementation Strategy EU. Workshop HMWB, 2009. Heavily Modified Water Bodies: Information, Exchange on Designation, Assessment of Ecological Potential, Objective Setting and Measures. Key Conclusions. 12-13 March 2009. Brussels

In: <http://www.ecologic-events.de/hmwb/documents/FinalHMWBConclusions.pdf>

EUROPEAN COMMISSION, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. Official Journal 22 December 2000 L 327/1. European Commission, Brussels.

HERING, D., BORJA, A., CARSTENSEN, J., CARVALHO, L., ELLIOTT, M., FELD, C.K., HEISKANEN, A.S., JOHNSON, R.K., MOE, J. AND PONT, D., 2010. The European Water Framework Directive at the age of 10: A critical review of the achievements with recommendations for the future. *Science of the Total Environment*, 408(19), pp. 4007-4019.

IRMER, U., RECHENBERG, B., 2004. Designation and Assessment of Artificial and Heavily Modified Water Bodies under the EC Water Framework Directive. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 32(1), pp. 75-88.

KAMPA E., 2009. Summary of MS Questionnaires on HMWB. In: Workshop Water Framework Directive and Heavily Modified Water Bodies. 12 - 13 March 2009, Brussels, 2009. In: <http://ecologic-events.eu/hmwb/presentations.htm>

LA-ROCA, F., FERRER, G., HERNÁNDEZ-MORA, N., LA CALLE, A., MORAL, L. AND PRAT, N., 2010. Directiva Marco de Aguas. Preparando la evaluación de la década. Fundación Nueva Cultura del Agua. In: <http://www.unizar.es/fnca/index3.php?id=1&pag=18>

MARTÍNEZ, C., FERNÁNDEZ, J.A., 2010a. IAHRIS 2.2 Indicators of Hydrologic Alteration in Rivers: Free software. In: http://www.ecogesfor.org/IAHRIS_en.html

MARTÍNEZ, C., FERNÁNDEZ, J.A., 2010b. AHRIS 2.2 Indicators of Hydrologic Alteration in Rivers: Methodological reference manual. In: http://www.ecogesfor.org/IAHRIS_en.html

MARTÍNEZ, C., FERNÁNDEZ, J.A., 2010c. IAHRIS 2.2 Indicators of heavily modified water bodies: Methodological reference manual. In: http://www.ecogesfor.org/IAHRIS_en.html

MMARM. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino., 2008. Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. BOE de 22 de septiembre de 2008, pp. 38472-38582.

MOSS, B., 2001. Words and water. *Br Ecol Soc Bull*, March, pp. 8-11.

MOSS, B., 2008. The Water Framework Directive: total environment or political compromise? *Science of the Total Environment*, 400(1-3), pp. 32-41.

STODDARD, J.L., LARSEN, D.P., HAWKINS, C.P., JOHNSON, R.K. AND NORRIS, R.H., 2006. Setting expectations for the ecological condition of streams: the concept of reference condition. *Ecological Applications*, 16(4), pp. 1267-1276.